

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|---|
| Система учета посещаемости студентов |

УДК 004.4:378.146.8

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----------------------------|---------|------|
| 8И5А | Банщиков Александр Олегович | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| доцент ОИТ | Цапко Ирина Валерьевна | К.Т.Н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| ассистент ОСГН ШБИП | Шулинина Юлия Игоревна | | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|--------------------------------|---------------------------|---------|------|
| ассистент ООД | Немцова Ольга Александровна | | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| доцент ОИТ | Цапко Ирина Валериевна | К.Т.Н | | |

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКОВ)

по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии»

| Код результат ов | Результат обучения (выпускник должен быть готов) |
|-------------------------------------|---|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | |
| P1 | Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания для комплексной инженерной деятельности по созданию, внедрению и эксплуатации геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе |
| P2 | Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения инженерных задач. |
| P3 | Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с созданием геоинформационных систем и технологий, информационных систем в бизнесе, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей. |
| P4 | Выполнять комплексные инженерные проекты по созданию информационных систем и технологий, а также средств их реализации (информационных, методических, математических, алгоритмических, технических и программных). |
| P5 | Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретация полученных данных, в области создания геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе. |
| P6 | Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные геоинформационные системы и технологии, информационные системы и технологии в бизнесе, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасность труда, выполнять требования по защите окружающей среды. |
| <i>Универсальные компетенции</i> | |
| P7 | Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности. |
| P8 | Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом. Владеть иностранным языком (углублённый английский язык), позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности. |
| P9 | Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, |
| P10 | Демонстрировать личную ответственность за результаты работы и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности. |
| P11 | Демонстрировать знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, а также готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности. |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--|
| Бакалаврской работы |
| (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации) |

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------------|
| 8И5А | Банщикову Александру Олеговичу |

Тема работы:

| Система учета посещаемости студентов | |
|---|--------------------------|
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | №3654/с от 13.05.2019 г. |

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 04.06.2019 |
|--|------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|--|
| Исходные данные к работе | Система учета посещаемости студентов, позволяющая распознавать людей в видеопотоке по геометрии лица. Система должна предоставлять возможность создания отчета по найденным в кадре студентам. |
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | Изучение теории по теме исследования; Выбор методов распознавания лиц; Проектирование и реализация системы; Тестирование системы; Анализ результатов работы системы; |

| | |
|---|---|
| | Расчет ресурсоэффективности и ресурсосбережения и анализ вредных производственных факторов. |
| Перечень графического материала | Презентация в формате *.pptx на 16 слайдах |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | ассистент ОГН ШБИП Шулинина Юлия Игоревна |
| Социальная ответственность | ассистент ООД Немцова Ольга Александровна |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| Введение | |
| Аналитический обзор | |
| Архитектура приложения | |
| Реализация приложения | |
| Результат разработки | |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | |
| Социальная ответственность | |
| Заключение | |
| Заключение (английский) | |

| | |
|---|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 04.02.2019 |
|---|------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|------------------------|------------------------|---------|------|
| доцент ОИТ | Цапко Ирина Валерьевна | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----------------------------|---------|------|
| 8И5А | Банщиков Александр Олегович | | |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
 Отделение школы (НОЦ) информационных технологий
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

| |
|---------------------|
| Бакалаврская работа |
|---------------------|

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

| | |
|--|-----------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 4.06.2019 |
|--|-----------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 29.01.19 | Подбор и изучение литературы | 8 |
| 22.02.19 | Анализ предметной области | 8 |
| 14.03.19 | Проектирование системы | 7 |
| 24.04.19 | Разработка системы | 20 |
| 30.04.19 | Тестирование системы | 12 |
| 10.05.19 | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 15 |
| 16.05.19 | Социальная ответственность | 15 |
| 27.05.19 | Оформление пояснительной записки | 15 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|------------------------|------------------------|---------|------|
| доцент ОИТ | Цапко Ирина Валериевна | к.т.н. | | |

СОГЛАСОВАНО:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|------------------------|------------------------|---------|------|
| доцент ОИТ | Цапко Ирина Валериевна | к.т.н. | | |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| | |
|---------------|--------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 8И5А | Банщикова Александру Олеговичу |

| | | | |
|---------------------|--------------|------------------------------|--|
| Школа | ИШИТР | Отделение школы (НОЦ) | ОИТ |
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | 09.03.02 Информационные системы и технологии |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Оклад инженера – 21760 руб. Оклад руководителя – 33664 руб. |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | Премияльный коэффициент 30%; Коэффициент доплат и надбавок 20%; Районный коэффициент 30%; Коэффициент дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%. |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30% |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | Анализ конкурентных технических решений |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований | Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; -затраты на специальное оборудование; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы. |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | - Определение потенциального эффекта исследования |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| |
|---|
| 1. Оценочная карта конкурентных технических решений |
| 2. Матрица SWOT |
| 3. График Ганта |
| 4. Расчет бюджета затрат |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|--------------------|---------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Ассистент ОГН ШБИП | Шулинина Ю.И. | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 8И5А | Банщиков Александр Олегович | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------------|
| 8И5А | Банщикову Александру Олеговичу |

| Школа | ИШИТР | Отделение (НОЦ) | ОИТ |
|---------------------|-------------|---------------------------|--|
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | 09.03.02 Информационные системы и технологии |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|--|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Система учета посещаемости студентов, которая состоит из программной реализации настольного приложения. Принцип работы системы основан на распознавании лиц в видеопотоке. Система позволяет отмечать студентов на занятии с помощью видеокамеры, расположенной на входе в аудиторию. Предполагается использование в коммерческих целях. |
|--|--|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ. |
| 2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | 1. Отклонение параметров микроклимата в помещении. 2. Повышенный уровень шума. 3. Повышенный уровень электромагнитного излучения. 4. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи. |
| 3. Экологическая безопасность: | Возможным воздействием разработки на окружающую среду является негативное воздействие на литосферу во время утилизации оргтехники. |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | Чрезвычайная ситуация техногенного характера для данного помещения – пожар. Установка общих правил поведения и рекомендаций во время пожара, план эвакуации. |

| | |
|--|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|--|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД | Немцова О.А. | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----------------------------|---------|------|
| 8И5А | Банщиков Александр Олегович | | |

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 72 страницы, 14 рисунков, 25 таблиц и 20 источников.

Данная работа посвящена разработке системы учета посещаемости студентов. Был проведен анализ существующих способов идентификации личности. Также были рассмотрены алгоритмы распознавания лиц. Было разработано многопоточное приложение, позволяющее распознавать лица в видеопотоке и составлять отчет об обнаруженных студентах. Был проведен анализ работоспособности системы.

Ключевые слова: программирование, распознавание лиц, видеопоток, посещаемость, нейронная сеть.

Объектом исследования в данной работе является учет посещаемости студентов.

Цель работы - разработка системы контроля посещаемости студентов.

Программа была реализована на языке Python с использованием библиотек OpenCV, dlib.

Данная система позволит повысить эффективность преподавателей, за счет экономии времени на проверке присутствия студентов на занятии.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

БД – база данных.

ОС – операционная система.

СУБД – система управления базами данных.

CRUD – Create, Read, Update, Delete, «создать, прочесть, обновить, удалить».

IDE – Integrated Development Environment, интегрированная среда разработки.

ORM – Object-Relational Mapping, объектно-реляционное отображение.

SQL – Structured Query Language, язык структурированных запросов.

Парсер – программное обеспечение для сбора данных и преобразования их в структурированный формат, чаще всего работа с текстовым типом информации.

ОБЪЕКТ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования в данной работе является учет посещаемости студентов. Предметом исследования – распознавание студентов в видеопотоке и фиксация их присутствия на занятии.

Методами данного исследования стали методы распознавания лиц в видеопотоке.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 12 |
| 1. Аналитический обзор | 14 |
| 1.1. Обзор способов идентификации личности | 14 |
| 1.2. Существующие программы распознавания по геометрии лица | 17 |
| 1.2.1. Модуль поиска лиц в архиве Trassir Face Recognition | 17 |
| 1.2.2. Видеоаналитическая система захвата и распознавания лиц | |
| SecurOS Face | 18 |
| 2. Архитектура приложения | 20 |
| 2.1. Выбор средств разработки | 22 |
| 2.1.1. Библиотеки для работы с видеопотоком | 22 |
| 2.1.2. Язык программирования | 23 |
| 2.1.3. СУБД | 25 |
| 2.1.4. Среда разработки для БД | 26 |
| 3. Реализация приложения | 28 |
| 3.1. Обнаружение лиц | 28 |
| 3.2. Выделение признаков и нормализация | 30 |
| 3.3. Вспомогательные разработки | 33 |
| 4. Результат разработки | 36 |
| 4.1. Анализ работы системы | 38 |
| 4.1.1. Распознавание лиц при различных углах обзора камеры | 39 |
| 4.1.2. Распознавание лиц при наличии элементов одежды | 40 |
| 4.1.3. Распознавание лиц при наличии распущенных волос | 41 |
| 4.1.4. Распознавание лиц при направлении камеры вглубь аудитории | 41 |

| | |
|---|----|
| 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 43 |
| 5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 43 |
| 5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования | 43 |
| 5.1.2. Анализ конкурентных технических решений | 44 |
| 5.1.3. SWOT-анализ | 46 |
| 5.2. Планирование научно-исследовательских работ | 47 |
| 5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования | 47 |
| 5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ | 48 |
| 5.2.3. Разработка графика проведения научного исследования | 50 |
| 5.2.4. Бюджет научно-технического исследования | 52 |
| 5.3. Определение потенциального эффекта исследования | 58 |
| 6. Социальная ответственность | 59 |
| 6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 60 |
| 6.2. Производственная безопасность | 62 |
| 6.3. Экологическая безопасность | 68 |
| 6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 68 |
| Заключение | 69 |
| Conclusion | 70 |
| Список использованных источников | 71 |

ВВЕДЕНИЕ

Основную часть информации о внешнем мире человек получает по зрительному каналу и далее весьма эффективно обрабатывает данные при помощи аппарата анализа и интерпретации визуальной информации. Поэтому встаёт вопрос о возможности машинной реализации данного процесса.

Интерес представляет использование машинного зрения для идентификации и аутентификации человека. Подобные решения могут использоваться в различных организациях для целого ряда задач: допуск персонала на закрытую территорию, учёт посетителей, предотвращение чрезвычайных ситуаций и т.д. Как правило, подобные решения работают по схожему принципу, но в каждом из них необходимо использование некоторого биометрического признака. Подобные решения удобны для пользователя, ведь для прохождения аутентификации не нужны какие-либо носители, токены или карточки доступа, достаточно непосредственного присутствия человека. Таким образом, средство аутентификации не может быть потеряно или незаконно использовано злоумышленником.

Таким образом, актуальным является изучение современных компьютерных технологий, которые позволяют работать с машинным зрением. Данные технологии могут быть успешно применены для решения различных задач во многих сферах деятельности человека.

Целью работы является реализация программного обеспечения, которое предоставило бы преподавателям возможность производить учёт посещаемости студентами занятий. Система должна быть способна обнаружить человека в видеопотоке, установить его личность и зафиксировать время его присутствия. Система должна предоставлять возможность построения отчёта на основе обнаруженных ранее лиц.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

1. Проанализировать аналоги среди существующих систем и выявить их недостатки.

2. Рассмотреть современные технологии и выбрать наиболее подходящие для реализации поставленных задач.
3. Создать программу, позволяющую распознавать конкретного человека в видеопотоке по геометрии лица.
4. Реализовать составление отчёта по найденным в кадре студентам.

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Показателем работы студентов, а также и преподавателей, является успеваемость по дисциплинам, что напрямую зависит от посещаемости занятий. Руководство университета заинтересованно в том, чтобы непрерывно осуществлялся учёт и контроль за деятельностью студентов, а именно за их посещаемостью.

В большинстве современных вузов учёт посещаемости студентов ведётся традиционными способами – отметками в специальных журналах, которые заполняют сами преподаватели или старосты студенческих групп. Зачастую, на занятиях одновременно присутствуют несколько учебных групп, соответственно, количество студентов, присутствие которых необходимо зафиксировать, достаточно велико, и на это приходится тратить значительное количество времени. Данную проблему решают путём выборочной проверки присутствия студентов: выбором некоторого количества студентов случайным образом или проверки нескольких присутствующих учебных групп, однако эти методы хоть и экономят время преподавателя, но не обеспечивают достоверной информации о наличии студентов.

Таким образом, автоматизация данного процесса является актуальной проблемой. Повышение качества учёта посещаемости студентов, а самое главное, отстранение преподавателя от данного процесса, будет способствовать снижению трудоёмкости и увеличению производительности его работы.

1.1. Обзор способов идентификации личности

В настоящее время существуют две группы решений, подходящих для поставленной задачи: использование ключей доступа и биометрических данных.

Ключи доступа зачастую представляют собой программируемую пластиковую карту, имеющую возможность записи некоторых идентификационных данных. Впоследствии карта подносится к специальному

считывателю, идентификационные данные обнаруживаются в базе данных и человек проходит аутентификацию. Очевидным недостатком данной группы решений является то, что подобная карта может быть легко утеряна или передана третьим лицам. Таким образом, данный способ идентификации личности не подходит для решения задачи.

Использование биометрических данных – это удобный для людей способ аутентификации, ведь для подтверждения личности не нужно иметь каких-либо дополнительных физических носителей, которые можно забыть или потерять. При этом, обеспечивается весьма высокая степень защиты данных, так как сфальсифицировать их достаточно сложно [1].

Методы биометрической аутентификации делятся на два класса. Первым классом являются статистические методы – они основаны на физиологических характеристиках человека, которые присутствуют в каждом из нас всю жизнь, их нельзя потерять, скопировать или украсть. Вторым классом – динамические методы. Они основываются на поведенческих особенностях людей: походка, рукописный почерк, голос. Далее будут рассмотрены статические методы, так как успешная идентификация с помощью динамических методов не представляется возможной в условиях университета.

Как правило, рассматривают следующие статические методы биометрической идентификации:

- Идентификация по отпечатку пальца;
- Идентификация по лицу;
- Идентификация по радужной оболочке глаза;
- Идентификация по геометрии руки;
- Идентификация по термограмме лица;
- Идентификация по ДНК;
- Идентификация на основе акустических характеристик уха;
- Идентификация по рисунку вен.

Предполагается, что результатом выполнения работы будет решение, которое сможет быть широко применено для учёта посещаемости студентов в университете. Так как в университете насчитывается более 700 учебных аудиторий, то решение должно иметь приемлемую стоимость. Таким образом, из всех перечисленных способов аутентификации остаются два: идентификация по отпечатку пальца, и по лицу. Рассмотрим их подробнее.

Идентификация по отпечатку пальца является самым распространённой биометрической технологией. В процессе идентификации производится считывание уникального рисунка на пальцах человека. Полученный отпечаток преобразуется в цифровой код и сравнивается с наборами эталонов, занесенных в базу данных.

Главным преимуществом данного метода является высокая надёжность распознавания, так как отпечатки пальцев индивидуальны и не меняются в течение жизни. Однако данный метод подразумевает факт физического контакта человека со сканером, что может быть неудобно при проведении занятия в крупной аудитории, с присутствием нескольких групп. Велика вероятность возникновения толпотворений по окончании занятия, что может привести к массовому опозданию студентов на следующее занятие.

Системы идентификации человека по геометрии лица работают на основе структурных и физических особенностей человека. На основе полученного изображения лица, система, как правило, создает уникальный шаблон, который сравнивается с эталонами, хранящимся в базе данных.

Этот метод имеет ряд неоспоримых преимуществ: он позволяет проводить идентификацию на расстоянии, допускает скрытную проверку и может использовать недорогое распространённое оборудование (видеокамеры). В то же время данный способ идентификации имеет ряд ограничений: на распознавание может существенно повлиять ношение шапки, шарфа и других аксессуаров, скрывающих лицо, помимо этого данным способом невозможно распознать близнецов.

Таким образом, оба рассмотренных способа идентификации не являются идеальными решениями проблемы, однако за счет дешевизны оборудования и возможности бесконтактной работы системы выбор был сделан в пользу распознавания по геометрии лица. Проблема с невозможностью распознавания близнецов не является существенной, ведь среди студентов процент таких случаев довольно мал. Недостаточное качество идентификации людей при наличии элементов одежды на лице так же не является серьёзной проблемой, так как можно установить камеру таким образом, чтобы студенты появлялись перед ней уже без верхней одежды.

1.2.Существующие программы распознавания по геометрии лица

1.2.1. Модуль поиска лиц в архиве Trassir Face Recognition

TRASSIR Face Recognition – это интеллектуальный модуль распознавания и поиска лиц по заранее настроенной базе (БД) людей (жильцов, персонала, клиентов и др.). Включает в себя функционал Face Search, Face Detector. Данная система обеспечивает возможность формирования или импорта лиц людей для осуществления поиска (распознавания) в видеопотоке. Предусмотрена возможность для выявления лиц, находящихся в чёрном списке, а также вычисления местоположения людей с привязкой ко времени и дате.

Достоинства системы:

- Позволяет осуществлять поиск по времени, дате с привязкой к определённой камере, а также экспортировать видеоданные моментов обнаружения в файл;
- Включает распознавание пола и возраста человека, обладателя интересующего лица.

Недостатки системы:

- Стоимость лицензии для обработки одного видеоканала составляет 79990 рублей;

Для успешной работой системы рекомендуется использовать специальные IP-камеры, которые так же недешевы.

1.2.2. Видеоаналитическая система захвата и распознавания лиц SecurOS Face

SecurOS Face обеспечивает необходимый уровень безопасности на объектах, где требуется регистрация, идентификация и/или аутентификация субъектов и предназначена для использования в общественных местах, на закрытых и любых других стратегически важных объектах.

Система автоматически выделяет наиболее подходящее для распознавания изображение лица в режиме реального времени, сохраняет и распознает его, производя сравнение с эталонами изображений, хранящихся в базе данных.

Достоинства системы:

- Высокий процент корректного распознавания при изменении физических характеристик лица.
- Адаптация к различным условиям освещённости;
- Широкий спектр применения.

Недостатки системы:

- Стоимость лицензии для обработки одного видеоканала составляет 41275 рублей;

Таким образом, рассмотренные системы могут быть использованы для решения проблемы, но лишь частично. Они способны успешно распознавать и идентифицировать людей, а также производить более глубокий анализ (определение пола, возраста), однако это не единственное требование,

предъявляемое к системе. Помимо успешного распознавания, система должна определять текущее занятие, присутствующие на нем группы, состав этих групп, и лишь затем фиксировать присутствие людей. Поэтому было принято решение о разработке собственной системы, которая будет включать в себя только необходимые функции, а также иметь приемлемую стоимость.

2. АРХИТЕКТУРА ПРИЛОЖЕНИЯ

Для того, чтобы определить необходимые функции системы была построена диаграмма вариантов использования разрабатываемой системы для преподавателей (Рисунок 1).

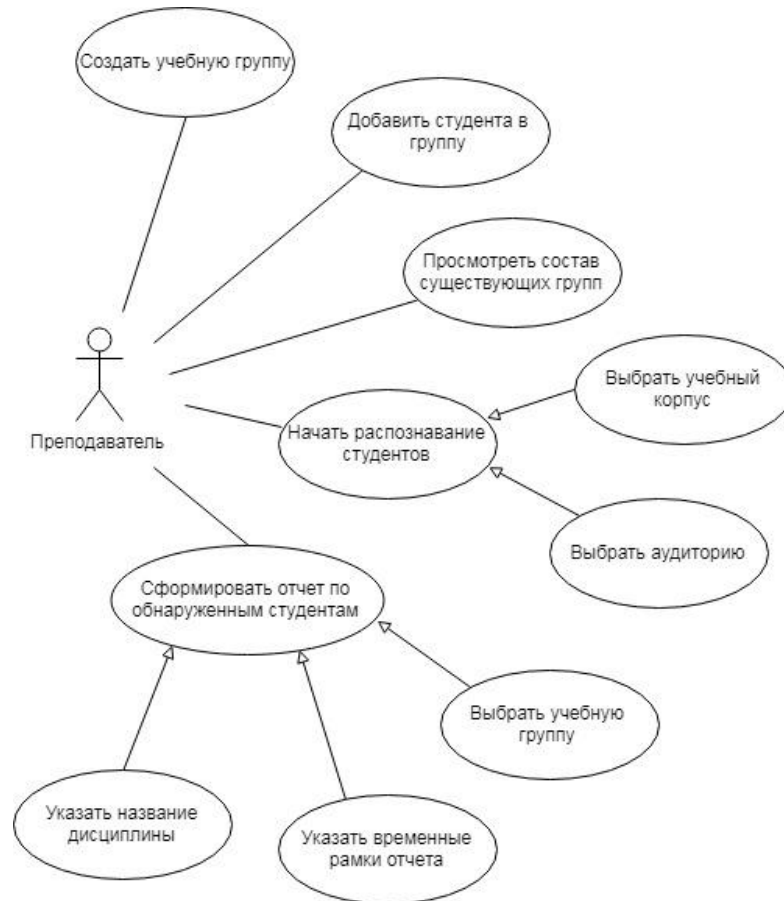


Рисунок 1 – Диаграмма использования для преподавателя

Наглядное представление архитектуры приложения представлено на рисунке 2. Планируется использовать персональный компьютер с операционной системой Ubuntu версии не ниже 16.04 или Windows версии не ниже 7. На компьютере будет установлен сервер базы данных и, непосредственно, разрабатываемая система. Видеопоток будет транслироваться с помощью IP-камеры.

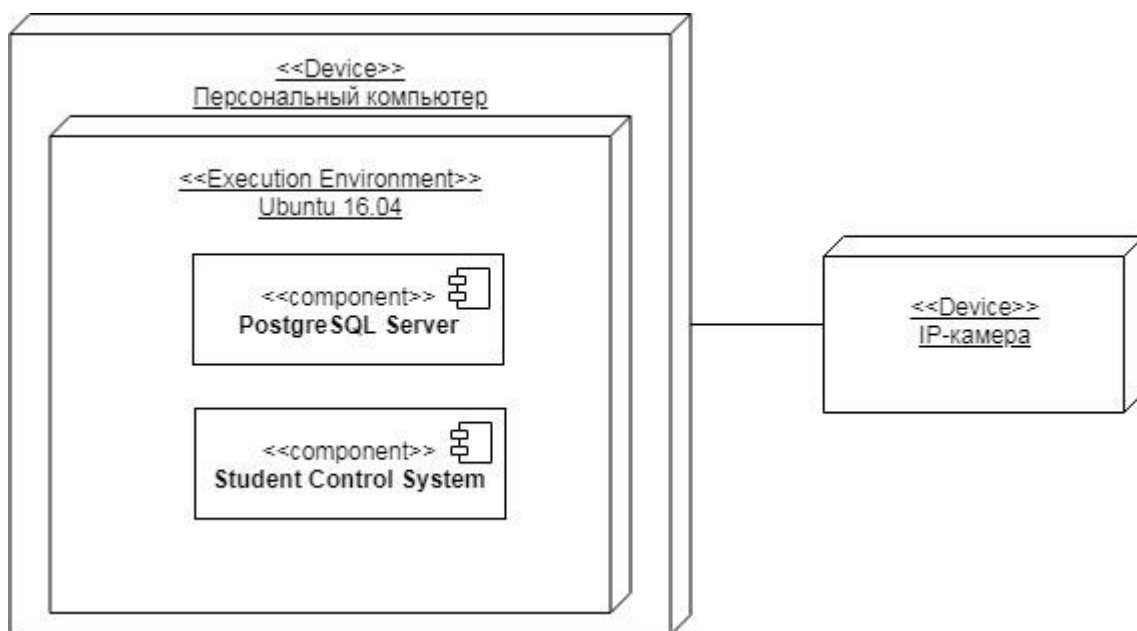


Рисунок 2 – Диаграмма развёртывания

Была спроектирована база данных, состоящая из пяти таблиц: study_group, student, corps, auditory и recognition_history (Рисунок 3). В таблице study_group хранится информация об учебных группах. Таблица student содержит записи студентов. В таблицах corpse и auditory содержится информация о корпусах и аудиториях университета соответственно. В таблице recognition_history хранятся данные распознавания студентов системой.

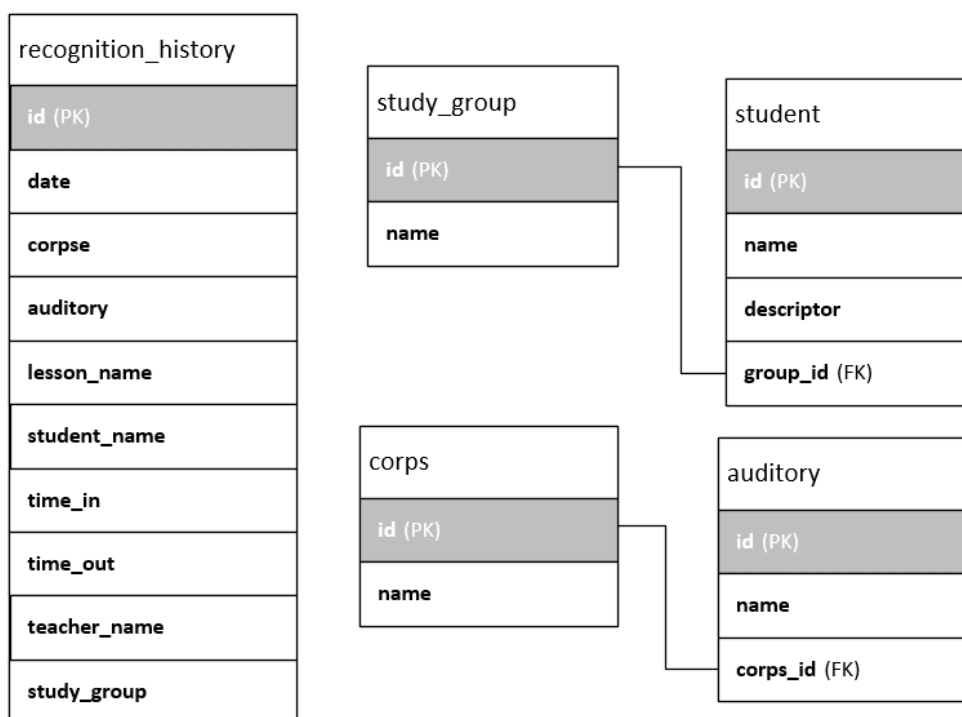


Рисунок 3 – Схема базы данных

2.1.Выбор средств разработки

Среда разработки программного обеспечения – система программных средств, используемая программистами для разработки программного обеспечения. Она включает в себя текстовый редактор, компилятор, интерпретатор, средства автоматизации сборки и отладчик.

2.1.1. Библиотеки для работы с видеопотоком

Dlib

Dlib - это библиотека, содержащая алгоритмы машинного обучения и инструменты для создания сложного программного обеспечения для решения реальных задач. Она используется как в промышленности, так и в научных кругах в самых разных областях, включая робототехнику, встроенные устройства, мобильные телефоны и большие высокопроизводительные вычислительные среды. Библиотека dlib находится на полной OpenSource лицензии, таким образом, ее можно использовать в любом приложении бесплатно.

Преимуществами библиотеки dlib являются:

- Подробная документация;
- Использование алгоритмов машинного обучения;
- Обработка изображений (алгоритмы обнаружения лиц, поиск особых точек на лицах);
- Многопоточность.

OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) представляет собой библиотеку программного обеспечения для компьютерного зрения с открытым исходным кодом и машинного обучения.

OpenCV создан для обеспечения общей инфраструктуры приложений, основанных на компьютерном зрении для упрощения использования

наработок и решений большого количества разработчиков в готовых продуктах.

Поскольку OpenCV распространяется под BSD лицензией, любой желающий может использоваться её как в исследовательских целях, так и в коммерческих.

В библиотеке присутствует более 2500 оптимизированных алгоритмов, которые включают в себя полный набор классических и современных алгоритмов компьютерного зрения и машинного обучения.

Библиотека доступна на многих популярных языках, таких как C++, C, Python, Java и MATLAB с поддержкой Windows, Linux, Android и Mac OS.

Существует более 500 алгоритмов и около 10-кратного числа функций, которые составляют или поддерживают эти алгоритмы.

В результате было принято решение использовать обе библиотеки, так как в библиотеке OpenCV содержатся инструменты, позволяющие эффективно работать с видеопотоком, а в dlib – функционал для работы с математическими методами.

2.1.2. Язык программирования

Рассмотрим три наиболее популярных для начинающего разработчика языка для разработки приложений: C++, Python, Java.

C++

C++ – компилируемый, статически типизированный язык программирования общего назначения.

Поддерживает такие парадигмы программирования, как процедурное программирование, объектно-ориентированное программирование, обобщённое программирование. Язык имеет богатую стандартную библиотеку, которая включает в себя распространённые контейнеры и алгоритмы, ввод-вывод, регулярные выражения, поддержку многопоточности

и другие возможности. С++ сочетает свойства как высокоуровневых, так и низкоуровневых языков.

Основным преимуществом С++ являются скорость работы программы, высокий уровень взаимодействия с используемой библиотекой OpenCV, совместимость с операционной системой Ubuntu.

Из недостатков С++ стоит отметить сложность освоения на первых этапах.

Python

Python – высокоуровневый язык программирования общего назначения, ориентированный на повышение производительности разработчика и читаемости кода.

Python поддерживает несколько парадигм программирования, в том числе структурное, объектно-ориентированное, функциональное, императивное. Основные особенности архитектуры: динамическая типизация, автоматическое управление памятью, механизм обработки исключений, поддержка многопоточных вычислений и удобные высокоуровневые структуры данных.

Код в Python организовывается в функции и классы, которые могут объединяться в модули (они в свою очередь могут быть объединены в пакеты).

Python прост в освоении и имеет огромную аудиторию. В Python имеются модули для удобного взаимодействия с базой данных PostgreSQL, а также библиотека для работы с OpenCV.

Java

Java – сильно типизированный объектно-ориентированный язык программирования, разработанный компанией Sun Microsystems. Java задумывался как универсальный язык программирования, который можно применять для различного рода задач. И к настоящему времени язык Java проделал большой путь, было издано множество различных версий.

В настоящее время Java превратилась из просто универсального языка в целую платформу и экосистему, которая объединяет различные технологии, используемые для целого ряда задач: от создания десктопных приложений до написания крупных веб-порталов и сервисов. Кроме того, язык Java активно применяется для создания программного обеспечения для целого ряда устройств: обычных ПК, планшетов, смартфонов и мобильных телефонов и даже бытовой техники. Достаточно вспомнить популярность мобильной ОС Android, большинство программ для которой пишутся именно на Java.

Серьёзным недостатком языка является низкое, в сравнении с другими языками, быстродействие, повышенные требования к объёму оперативной памяти (ОП).

Таким образом, из всех перечисленных языков программирования был выбран язык Python. Он прост в освоении, имеет развитую поддержку с БД и обладает всем необходимым функционалом, а также хорошо документирован.

2.1.3. СУБД

СУБД – система управления базами данных, которая представляет собой программное обеспечение, использующее для создания и работы с базами данных. Главная функция СУБД – это управление данными. СУБД обязательно поддерживает языки баз данных, а также отвечает за копирование и восстановление данных после каких-либо сбоев.

PostgreSQL

PostgreSQL – свободная объектно-реляционная система управления базами данных (СУБД).

Существует в реализациях для множества UNIX-подобных платформ, включая AIX, различные BSD-системы, HP-UX, IRIX, Linux, macOS, Solaris/OpenSolaris, Tru64, QNX, а также для Microsoft Windows [2].

Сильными сторонами PostgreSQL считаются:

- Высокопроизводительные и надёжные механизмы транзакций и репликации;
- Расширяемая система встроенных языков программирования: в стандартной поставке поддерживаются PL/pgSQL, PL/Perl, PL/Python и PL/Tcl; дополнительно можно использовать PL/Java, PL/PHP, PL/Py, PL/R, PL/Ruby, PL/Scheme, PL/sh и PL/V8, а также имеется поддержка загрузки C-совместимых модулей.
- Наследование;
- Легкая расширяемость.

MySQL

MySQL представляет собой реляционную СУБД, которая относится к свободному программному обеспечению: она распространяется на условиях GNU Public License. Как правило, эту систему управления базами данных определяют, как хорошую, быструю и гибкую систему, рекомендованную к применению в небольших или средних проектах [3].

С этой системой управления базами данных может одновременно работать неограниченное количество пользователей, а число строк в таблицах может быть равно 50 миллионам.

Таким образом, для разработки был выбран PostgreSQL, как наиболее эффективная и производительная СУБД. Немаловажным является и то, что у языка Python существуют библиотеки, обеспечивающие комфортную работу с данной СУБД.

2.1.4. Среда разработки для БД

pgAdmin

pgAdmin – инструмент, созданный для упрощения администрирования на сервере PostgreSQL, входящий в базовый комплект установки. Он представляет графический клиент для работы с сервером, через который мы в

удобном виде можем создавать, удалять, изменять базы данных и управлять ими.

Среда разработки pgAdmin используется для формирования модели базы данных в графическом виде, так как имеется удобный графический интерфейс, который позволяет устанавливать зависимости между таблицами.

Программа имеет наглядный и функциональный механизм установки связей между таблицами, в том числе «многие ко многим» с созданием таблицы связей. Также имеется возможность редактирования данных в таблице в визуальном режиме.

psql

psql — это терминальный клиент для работы с PostgreSQL. Позволяет интерактивно вводить запросы, отправлять их в PostgreSQL и смотреть результаты. Ввод может быть не только интерактивным, но и из файла. Кроме того, предоставляется ряд метакоманд и различные возможности подобные тем, что имеются у командных оболочек, для облегчения написания скриптов и автоматизации широкого спектра задач.

В итоге, решение было принято в пользу PgAdmin из-за его удобства, так как данный инструмент позволяет управлять СУБД PostgreSQL без непосредственного ввода SQL команд.

Таким образом, для разработки системы были выбраны следующие инструменты (Таблица 1).

Таблица 1 – Средства разработки

| | |
|---|--------------|
| Библиотеки для работы с видеопотоком и анализа данных | OpenCV, dlib |
| Язык программирования | Python |
| Среда разработки | PyCharm |
| СУБД | PostgreSQL |
| Среда разработки для БД | pgAdmin4 |

3. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ

Задача системы распознавания лиц заключается в обработке входного изображения, полученного с IP-камеры, нахождении на нем лица и идентификации обнаруженного человека.

В общем виде процесс идентификации человека по лицу включает четыре основных этапа, показанных на рисунке 4.

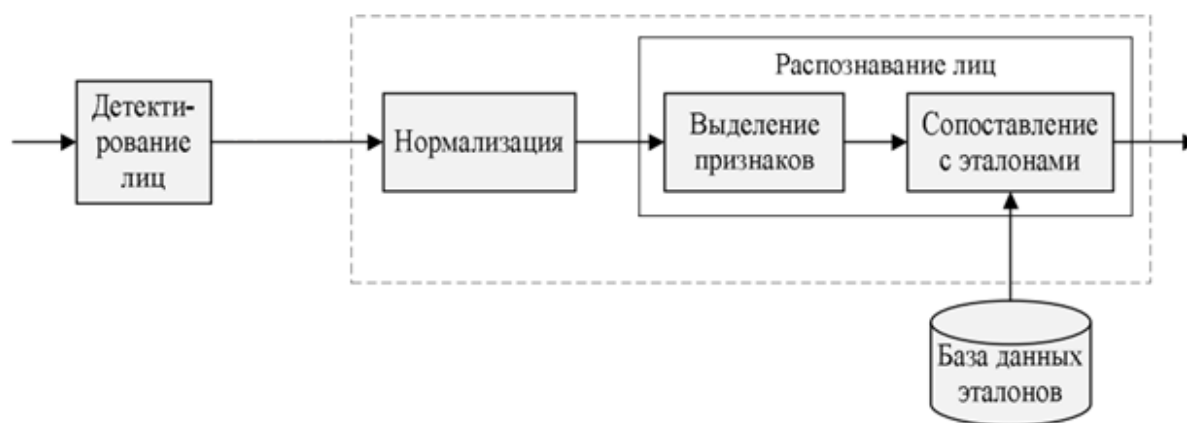


Рисунок 4 – Общая структура процесса распознавания человека по лицу

3.1.Обнаружение лиц

Было выяснено, что скорость работы программы зависит от количества знаков, которые необходимо удалить.

Для обнаружения лиц был использован метод Виолы-Джонса, также известный как метод каскадных фильтров Хаара. Его основным преимуществом является скорость. Благодаря быстрой обработке изображения, можно с лёгкостью обрабатывать потоковое видео. Данный метод используется для распознавания большинства классов объектов. К ним относятся лица и другие части тела людей, номера автомобилей, пешеходы, дорожные знаки, животные и т.д [4]. Метод Виолы-Джонса реализован в библиотеке OpenCV.

Принцип работы метода заключается в поиске определённых шаблонов на изображении (Рисунок 5). В задаче распознавания лиц принято

использовать шаблоны, состоящие из светлых и тёмных областей. Каждый из них характеризуется пропорциями между областями, минимальным размером.

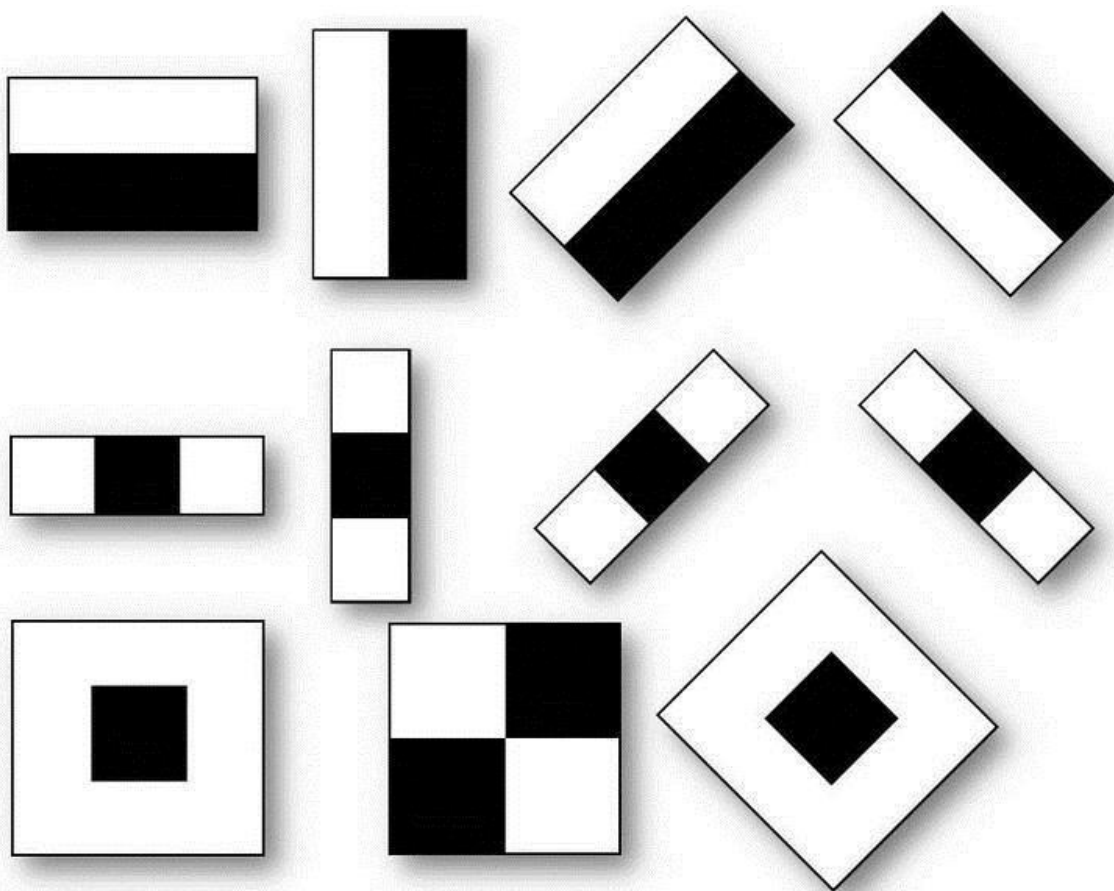


Рисунок 5 – Примеры шаблонов Хаара для распознавания лиц

Признаки Хаара предоставляют информацию о перепаде яркости по осям X и Y. Поэтому общий признак Хаара является набором двух смежных прямоугольников, которые находятся на щеках и выше глаз. Значение признака вычисляется по формуле 1:

$$F = X - Y, (1)$$

где X – сумма значений яркостей точек, закрываемых светлой частью признака,

Y – сумма значений яркостей точек, закрываемых тёмной частью признака.

Очевидно, что подсчёт суммы значений интенсивностей для всех признаков потребует значительных вычислительных ресурсов. Для решения этой проблемы в методе Виолы-Джонса используется интегральное

представление изображения, в котором значение каждого пикселя изображения равняется сумме всех пикселей, расположенных левее и выше него [4]. Интегральное представление показано в формуле 2:

$$II(x, y) = \sum_{r=0, c=0}^{r \leq x, c \leq y} I(r, c), (2)$$

где $II(x, y)$ – значение пикселя изображения в интегральном представлении,

$I(r, c)$ – значение пикселя в обычном представлении в оттенках серого цвета.

Каждый элемент матрицы $II[x, y]$ является суммой пикселей в прямоугольнике с вершинами $(0, 0)$, т.е. крайний левый угол изображения, и (x, y) . Расчёт данной матрицы занимает линейное время. Таким образом удаётся быстро рассчитывать признаки Хаара для изображения при распознавании лиц в видеопотоке [5].

Поиск шаблонов производится с помощью метода скользящего окна: малое прямоугольное окно последовательно перемещается по изображению, а шаблон накладывается на сканирующее окно. Изначально размер окна составляет 24×24 пикселя, затем происходит увеличение в 1,25 раза в течение 11 раз. Таким образом достигается распознавание лиц разных размеров, попавших в объектив камеры.

3.2. Выделение признаков и нормализация

Для распознавания человека на изображении, полученном с предыдущего шага, и последующей его обработки, была использована библиотека машинного обучения dlib, которая содержит удобные средства распознавания лиц, а именно, был выбран алгоритм Ног (Гистограмма направленных градиентов).

Алгоритм работает следующим образом: на изображении последовательно рассматривается каждый отдельный пиксель, затем рассматривается его непосредственное окружение, а именно, насколько тёмным является текущий пиксель по сравнению с пикселями, прямо

примыкающими к нему. В конечном итоге, каждый пиксель будет заменён стрелкой. Эти стрелки называют градиентом, и они показывают поток от света к темноте по всему изображению. Причина использовать изображение, представленное градиентом, а не набором пикселей заключается в том, что в результате анализа светлых и тёмных фотографий одного и того же человека будут получаться значительно различающиеся значения интенсивности пикселей. Однако, если рассматривать направление изменения яркости, представленное градиентом, то как тёмное, так и светлое изображения будут иметь абсолютно одинаковое представление, что существенно упрощает задачу распознавания лица [6].

Чтобы обнаружить лица на полученном HOG-изображении, находится такой участок изображения, который наиболее похож на известную HOG-структуру, полученную из группы лиц, использованной для обучения [6].

После выделения лица возникает новая проблема: одно и то же лицо, показанное с разных сторон, выглядит на HOG-изображении совершенно по-разному. Для решения проблемы используется выделение 68 специфических точек, присущих каждому лицу, находящихся на надбровных дуги, овале лица и так далее (Рисунок 6). После обнаружения данных точек, производится их перенос в такую позицию, как будто человек смотрит прямо в камеру. Это достигается путём аффинного преобразования, реализованного в dlib. На рисунке 7 представлен результат обнаружения ключевых точек на лице.

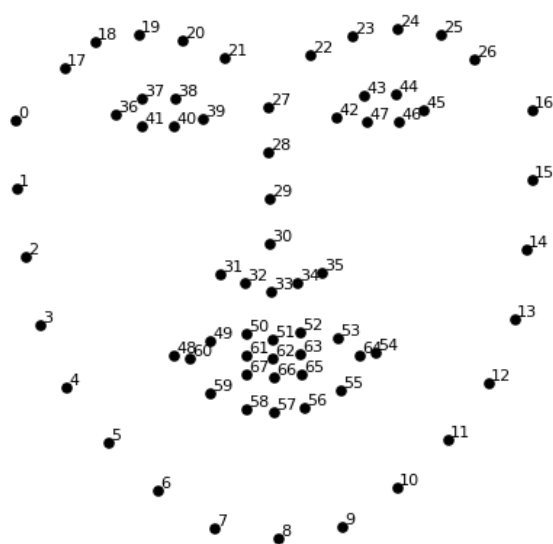


Рисунок 6 – Особые точки, обнаруживаемые на лице

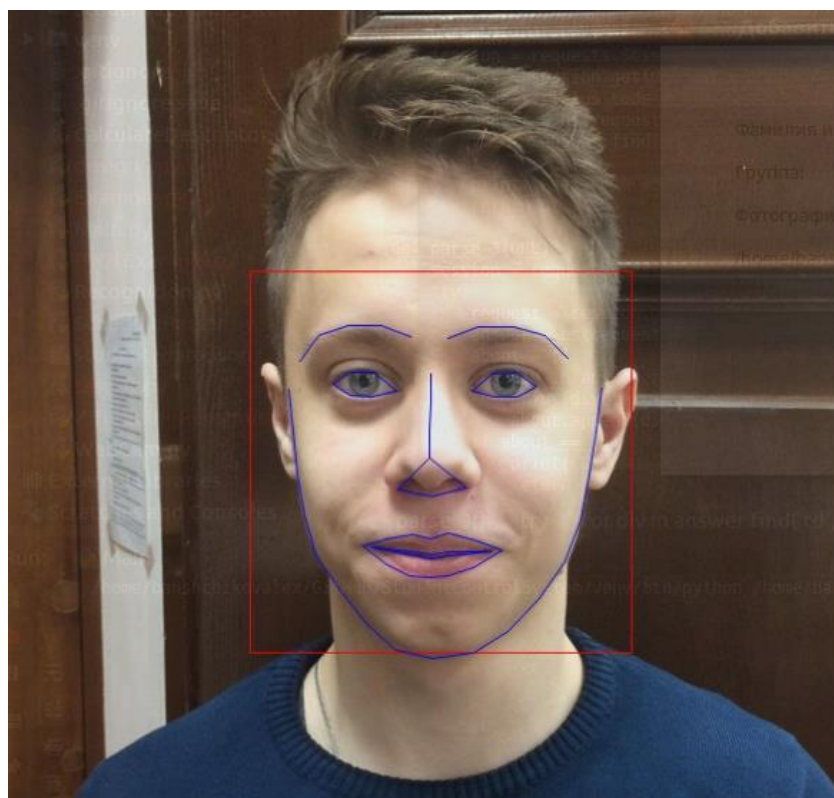


Рисунок 7 – Обнаружение ключевых точек на лице

Следующим шагом является построение уникального дескриптора, основанного на полученных ранее ключевых точках лица. Для решения данной задачи была использована предварительно обученная нейронная сеть ResNet34. Результатом её работы является набор из 128 чисел, который и называется дескриптором который используется в дальнейшем для идентификации человека [7].

Однако невозможно получить идентичные дескрипторы с двух разных фотографий одного и того же лица, так как характеристика уникальна для конкретного изображения. Таким образом, непосредственное сравнение дескрипторов не поможет решить задачу идентификации человека. Поэтому, нейронная сеть обучена специальным образом так, чтобы дескрипторы фотографий одного человека находились рядом друг с другом, а дескрипторы фотографий разных людей - далеко друг от друга.

Чтобы оценить близость дескрипторов в dlib используется Евклидово расстояние. Если значение Евклидова расстояния между дескрипторами меньше 0.6, то считается, что на изображениях один и тот же человек. С использованием такой метрики dlib обеспечивает точность 99.38% на тесте распознавания лиц Labeled Faces in the Wild.

3.3. Вспомогательные разработки

Помимо задачи обнаружения и распознавания лиц в системе необходимо реализовать вспомогательный функционал, такой как получение информации о текущем занятии. Для решения данной задачи можно было использовать API сайта расписания Томского политехнического университета, однако, во время разработки программы получить к нему доступ не представилось возможным. Поэтому был разработан парсер сайта расписания ТПУ, который позволяет получить всю необходимую информацию. Парсинг производится в три этапа. На первом шаге производится запрос к сайту расписания с выбранным ранее учебным корпусом, возвращается страница с расписанием для данного корпуса. Затем происходит запрос с указанием аудитории, в ответ приходит страница с расписанием для данной аудитории. На последнем этапе производится получение информации о текущем занятии, а именно, название предмета, ФИО преподавателя и список групп студентов, присутствующих на данном занятии.

После этого производится запрос к базе данных, результатом которого является список студентов, обучающихся в полученных ранее учебных группах, и их дескрипторов. Данная информация помещается в документ JSON и впоследствии будет использована для сравнения с дескрипторами лиц, которые будут обнаружены в видеопотоке. Это позволяет ускорить быстроедействие программы, так как не возникает необходимости произведения SQL запросов к базе данных.

В системе существует возможность добавления студента. Для этого необходимо открыть окно добавления студента, указать его ФИО, выбрать учебную группу из выпадающего списка и выбрать фотографию студента, расположенную в памяти компьютера. На фотографии будет обнаружено лицо, по обнаруженным ключевым точкам будет построен уникальный дескриптор и помещен в базу данных. В дальнейшем он будет использован для идентификации данного студента.

Таким образом, система позволяет отмечать присутствие студентов на конкретном занятии, что является ключевым отличием данной разработки от существующих решений. Ниже представлен алгоритм работы приложения (Рисунок 8).

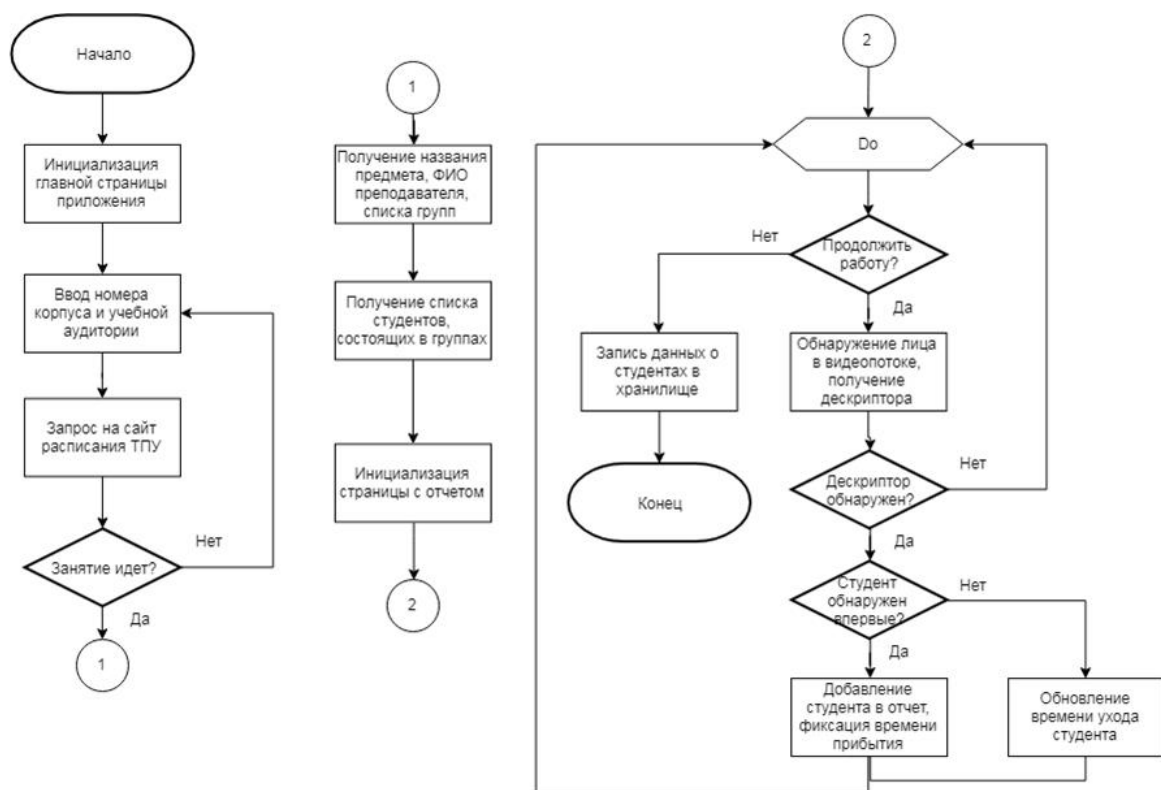


Рисунок 8 – Алгоритм работы программы

4. РЕЗУЛЬТАТ РАЗРАБОТКИ

Разработанная система представляет собой десктопное приложение с возможностью обнаружения лиц в видеопотоке и фиксации студентов, посетивших занятие.

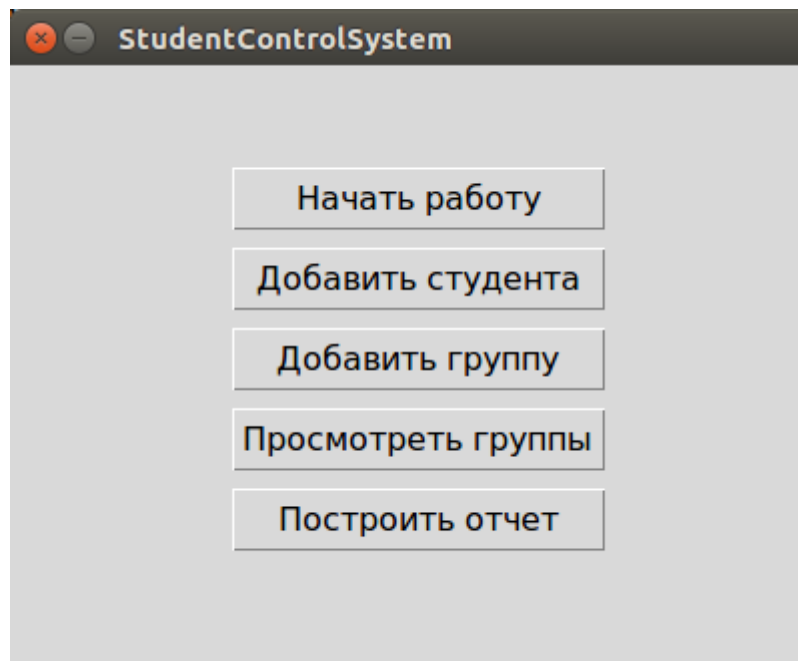


Рисунок 9 – Главное окно приложения

Для начала работы с приложением необходимо добавить учебные группы и студентов. При добавлении студента необходимо указать его фотографию, на основе которой будет создан уникальный дескриптор, который будет использован в дальнейшем для идентификации студента (Рисунок 10).

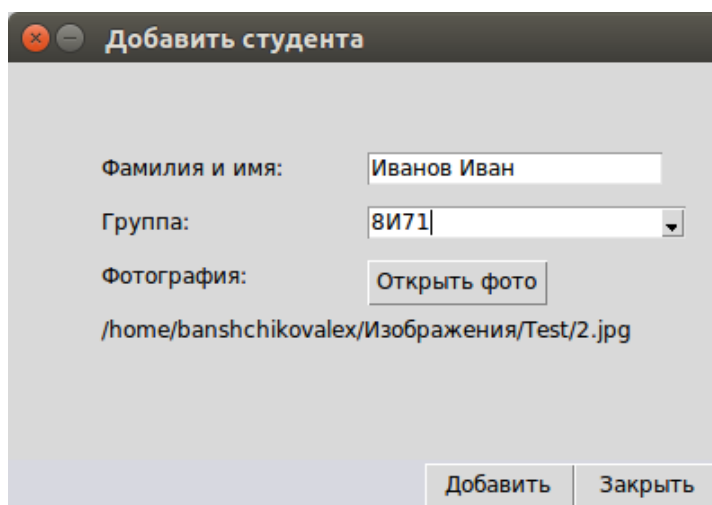


Рисунок 10 – Окно добавления студента

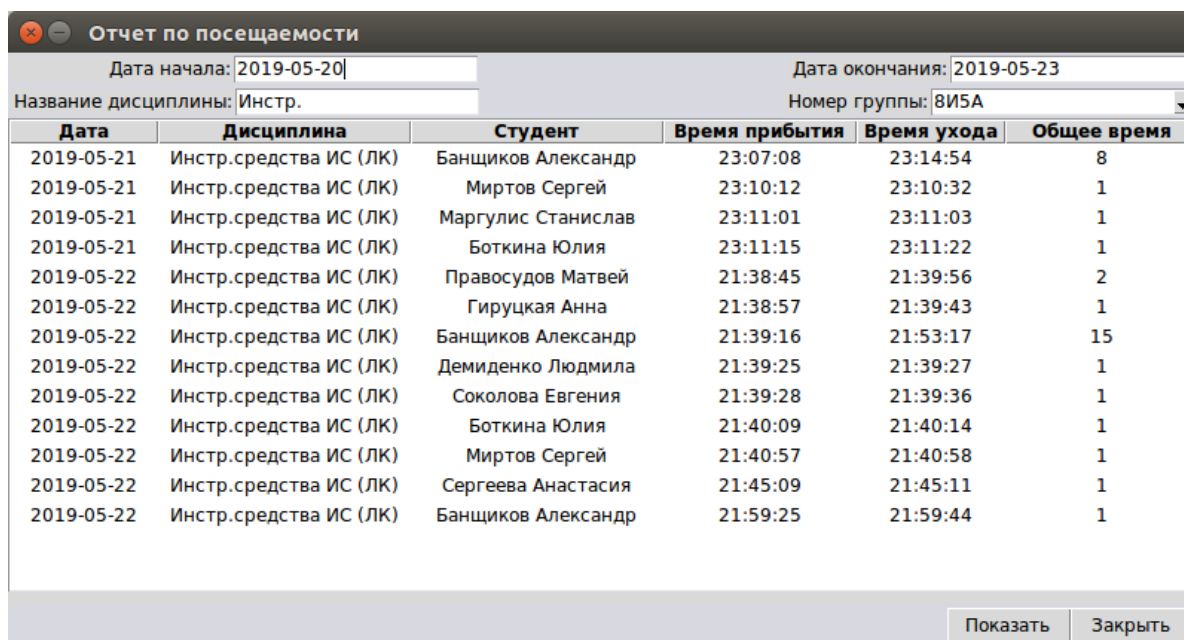
Работа с приложением начинается с выбора учебного корпуса и аудитории (Рисунок 11). По этим данным производится запрос на сайт расписания Томского Политехнического университета, возвращается страница с расписанием для аудитории. С неё в приложение передаётся название предмета, ФИО преподавателя и список групп студентов, присутствующих на данном занятии. Затем запускается основное приложение и начинается поиск требуемых людей в видеопотоке. Обнаруженные студенты отображаются в таблице с указанием учебной группы студента, времени его первоначального и последнего обнаружения (Рисунок 12).

Рисунок 11 – Окно выбора корпуса и аудитории

| Студент | Учебная группа | Время прибытия | Время ухода |
|--------------------|----------------|----------------|-------------|
| Банщиков Александр | 8И5А | 23:07:08 | 23:11:42 |
| Миртов Сергей | 8И5А | 23:10:12 | 23:10:32 |
| Маргулис Станислав | 8И5А | 23:11:01 | 23:11:03 |
| Боткина Юлия | 8И5А | 23:11:15 | 23:11:22 |

Рисунок 12 – Окно с таблицей обнаруженных студентов

После завершения работы с программой, данные об обнаруженных студентах отправляются в хранилище. В системе предусмотрена возможность составления отчёта, которая позволяет просмотреть посещаемость за выбранный промежуток времени по заданной дисциплине определённой учебной группы (Рисунок 13).



| Дата | Дисциплина | Студент | Время прибытия | Время ухода | Общее время |
|------------|------------------------|--------------------|----------------|-------------|-------------|
| 2019-05-21 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Банщиков Александр | 23:07:08 | 23:14:54 | 8 |
| 2019-05-21 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Миртов Сергей | 23:10:12 | 23:10:32 | 1 |
| 2019-05-21 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Маргулис Станислав | 23:11:01 | 23:11:03 | 1 |
| 2019-05-21 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Боткина Юлия | 23:11:15 | 23:11:22 | 1 |
| 2019-05-22 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Правосудов Матвей | 21:38:45 | 21:39:56 | 2 |
| 2019-05-22 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Гируцкая Анна | 21:38:57 | 21:39:43 | 1 |
| 2019-05-22 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Банщиков Александр | 21:39:16 | 21:53:17 | 15 |
| 2019-05-22 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Демиденко Людмила | 21:39:25 | 21:39:27 | 1 |
| 2019-05-22 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Соколова Евгения | 21:39:28 | 21:39:36 | 1 |
| 2019-05-22 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Боткина Юлия | 21:40:09 | 21:40:14 | 1 |
| 2019-05-22 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Миртов Сергей | 21:40:57 | 21:40:58 | 1 |
| 2019-05-22 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Сергеева Анастасия | 21:45:09 | 21:45:11 | 1 |
| 2019-05-22 | Инстр.средства ИС (ЛК) | Банщиков Александр | 21:59:25 | 21:59:44 | 1 |

Рисунок 13 – Окно с таблицей обнаруженных студентов

4.1. Анализ работы системы

Для проверки работоспособности системы была рассмотрена типичная ситуация, при которой система должна распознавать студентов, а именно, вхождение в аудиторию. Испытания были проведены в различных условиях: расположение камеры под углом 0, 45, 80 градусов от входа в аудиторию, закрытие части лица элементом одежды и волосами. Помимо этого, был рассмотрен случай, когда камера направлена вглубь аудитории, то есть возможность распознавания студентов, находящихся на своих местах. Все вышеперечисленные испытания были последовательно проделаны с расстояния 1, 3 и 5 метров с учебной группой, состоящей из двадцати человек.

При проведении испытания была использована веб-камера Logitech HD Webcam B525. Угол обзора камеры составляет 69 градусов, разрешение 8 Мп.

Данная веб-камера обеспечивает высокую четкость изображения (720p) и обладает встроенной системой автоматической фокусировки.

4.1.1. Распознавание лиц при различных углах обзора камеры

Во время проведения испытаний, камера была последовательно установлена под углами 0, 45 и 80 градусов ко входу. Студенты заходили друг за другом по одному, смотрели прямо перед собой. Некоторые студенты были в очках. Результаты распознавания приведены в таблицах 2–4:

Таблица 2 – Результаты распознавания лиц при установке камеры под углом 0 градусов

| Расстояние (м) | Количество удачных попыток | Результат |
|----------------|----------------------------|-----------|
| 1 | 20/20 | 100% |
| 3 | 20/20 | 100% |
| 5 | 14/20 | 70% |

Таблица 3 – Результаты распознавания лиц при установке камеры под углом 45 градусов

| Расстояние (м) | Количество удачных попыток | Результат |
|----------------|----------------------------|-----------|
| 1 | 20/20 | 100% |
| 3 | 14/20 | 70% |
| 5 | 8/20 | 40% |

Таблица 4 – Результаты распознавания лиц при установке камеры под углом 80 градусов

| Расстояние (м) | Количество удачных попыток | Результат |
|----------------|----------------------------|-----------|
| 1 | 16/20 | 80% |
| 3 | 10/20 | 50% |
| 5 | 0/20 | 0% |

Таким образом, располагать камеру рекомендуется под углом не более 45 градусов на расстоянии до трёх метров. Ношение очков существенно не повлияло на результат распознавания.

4.1.2. Распознавание лиц при наличии элементов одежды

Во время проведения испытаний, камера была установлена под углом 15 градусов ко входу. Студенты заходили друг за другом по одному, смотрели прямо перед собой. Части лиц студентов были закрыты различными элементами одежды: кепкой/шапкой/шарфом. Результаты эксперимента приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты распознавания лиц наличия элементов одежды

| Расстояние (м) | Количество удачных попыток | Результат |
|----------------|----------------------------|-----------|
| 1 | 12/20 | 60% |
| 3 | 6/20 | 30% |
| 5 | 0/20 | 0% |

Очевидно, система не может обеспечить высокую вероятность распознавания лиц, частично закрытых элементами одежды. Это происходит из-за того, что не удается считать дескриптор, так как тот или иной элемент

лица оказывается скрыт. Из этого можно сделать вывод, что камеру следует устанавливать таким образом, чтобы студент появлялся перед ней уже без верхней одежды.

4.1.3. Распознавание лиц при наличии распущенных волос

Во время проведения испытаний, камера была установлена под углом 15 градусов ко входу. Студентки заходили друг за другом по одной, смотрели прямо перед собой. Их волосы были распущены, частично закрывая лица. В эксперименте участвовало 8 девушек. Результаты эксперимента приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты распознавания лиц наличия распущенных волос

| Расстояние (м) | Количество удачных попыток | Результат |
|----------------|----------------------------|-----------|
| 1 | 8/8 | 100% |
| 3 | 7/8 | 88% |
| 5 | 2/8 | 25% |

Таким образом, на расстоянии до трёх метров система показывает удовлетворительный результат распознавания лиц при наличии распущенных волос.

4.1.4. Распознавание лиц при направлении камеры вглубь аудитории

Во время проведения испытаний, камера была установлена посередине стола преподавателя, направленная объективом вглубь аудитории. Студенты находились за партами, смотрели прямо перед собой. Расстояние считалось между столом преподавателя и первой партой со студентами. Результат эксперимента приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты распознавания лиц при направлении камеры вглубь аудитории

| Расстояние (м) | Количество удачных попыток | Результат |
|----------------|----------------------------|-----------|
| 1 | 20/20 | 100% |
| 3 | 16/20 | 80% |
| 5 | 11/20 | 55% |

Данный эксперимент показал худший результат в сравнении с распознаванием лиц камерой, установленной на входе в аудиторию с углом 0 градусов, но это объясняется тем, что на указанной дистанции находились только часть студентов, а большинство находилось дальше от камеры.

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время в учет посещаемости студентов в Томском Политехническом университете ведется традиционным способом – отметками в специальных журналах, которые заполняют сами преподаватели или старосты студенческих групп. В некоторых учебных заведениях внедрены системы электронных пропусков, которые позволяют контролировать прохождение владельца пропуска на территорию кампуса, но не гарантируют присутствия студента на занятии и не исключают возможности подтасовок с пропусками на турникетах.

Суть работы заключается в проектировании и реализации системы учета посещаемости студентов, основанной на распознавании человека по лицу. Этот метод имеет ряд неоспоримых преимуществ: он позволяет проводить идентификацию на расстоянии, допускает скрытную проверку и может использовать недорогое распространенное оборудование (видеокамеры).

Был проведен опрос среди преподавателей отделения информационных технологий с целью выяснения заинтересованности в данной разработке. В опросе участвовало 306 преподавателей. По его результатам, разработка показалась интересной 78% опрошенных. Таким образом, можно сделать вывод, что данная система актуальна для преподавателей университета. Потенциальным потребителем является Томский Политехнический университет.

5.1.2. Анализ конкурентных технических решений

С конкурентно-технической стороны был проведен анализ проекта, который позволяет оценить эффективность будущей разработки и определить направления для ее будущего повышения. В Томском Политехническом университете учет посещаемости студентов ведется устаревшим способом – отметками в специальных журналах, которые заполняют сами преподаватели или старосты студенческих групп. В некоторых учебных заведениях внедрены системы электронных пропусков, которые позволяют контролировать прохождение владельца пропуска на территорию кампуса, но не гарантируют присутствия студента на занятии и не исключают возможности подтасовок с пропусками на турникетах.

Уникальность и оригинальность разрабатываемой системы заключается в использовании распознавания лиц при помощи видеокамер, установленных на входе в аудитории, за счет которых процесс подтверждения присутствия студента на занятии производится автоматически, что позволяет экономить время преподавателя.

Позиция технического решения и конкурентов оценивается по каждому показателю в пятибалльной шкале, где 5 является сильной позицией, а 1 наиболее слабая. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле 3:

$$K = \sum B_i * B_i, (3)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В таблице 8 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок). Первым конкурентом является

существующая система посещаемости, а вторым – система с использованием электронных пропусков.

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | Б _{к2} | К _ф | К _{к1} | К _{к2} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,1 | 5 | 3 | 2 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |
| 2. Быстродействие | 0,15 | 5 | 2 | 4 | 0,7 5 | 0,3 | 0,6 |
| 3. Стабильность работы | 0,2 | 5 | 3 | 3 | 1 | 0,6 | 0,6 |
| 4. Потребность в ресурсах памяти | 0,1 | 4 | 5 | 4 | 0,4 | 0,5 | 0,4 |
| 5. Функциональная пригодность | 0,1 | 5 | 3 | 4 | 0,5 | 0,3 | 0,4 |
| 6. Качество интерфейса | 0,1 | 5 | 3 | 2 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
| 1. Конкурентоспособность продукта | 0,1 | 5 | 2 | 4 | 0,5 | 0,2 | 0,4 |
| 2. Цена | 0,1 | 4 | 5 | 3 | 0,4 | 0,5 | 0,3 |
| 3. Послепродажное обслуживание | 0,05 | 4 | 4 | 2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| Итого | 1 | | | | 4,7 5 | 3,2 | 3,2 |

Исходя из анализа технических решений и сравнения их с конкурентами, был сделан вывод, что разработка данной системы учета посещаемости студентов имеет ряд преимуществ перед конкурентами. К основным плюсам можно отнести удобство в эксплуатации, качество интерфейса, а также повышение эффективности образовательного процесса за счет экономии времени преподавателя на процесс учета студентов.

5.1.3. SWOT-анализ

В рамках данного анализа выявлены сильные и слабые стороны проекта, а также его возможности и угрозы. Результат SWOT-анализа представлен в таблице 9.

Таблица 9 – SWOT-анализ проекта

| Внешние факторы | Внутренние факторы | | |
|-----------------|--|--|--|
| | | Сильные стороны проекта: 1. Уникальность 2. Многофункциональность 3. Кроссплатформенность 4. Автономность работы | Слабые стороны проекта: 1. Не распознает близнецов 2. Сильное влияние качества исходных изображений на работу программы |
| | Возможности: 1. Большой спрос на систему 2. Повышение эффективности образовательного процесса | Проект охватывает большой спектр функционала, в котором нуждается заказчик, поэтому проект востребован и перспективен | Проблема влияния качества исходных изображений решается путем внесения в систему изображением с более высоким разрешением. Проблема с различием системой близнецов компенсируется ее высоким показателем работоспособности с остальными студентами |
| | Угрозы: 1. Недостаточное качество распознавания лиц 2. Несоответствие ожиданиям клиента | Негативные стороны проекта связаны неожиданными несоответствиями требованиям со стороны заказчика, однако благодаря возможности модификации – это легко исправимо. | Наличие в университете группы, состоящей преимущественно из близнецов может негативно повлиять на работоспособность системы. Однако, это маловероятно |

Благодаря SWOT – анализу выяснено, что, несмотря на угрозы и слабые стороны проекта, проект будет иметь успех.

5.2. Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Важным этапом проведения научно-исследовательских работ является необходимость планирования работ, определение перечня работ, распределение времени работ между всеми исполнителями проекта. Исполнителями проекта являются студент и научный руководитель. В таблице 10 представлен перечень этапов и работ, а также распределение исполнителей по данным видам работ в рамках проводимого научно-исследовательского проекта.

В процессе осуществления внедрения могут быть задействованы студент и научный руководитель. Научный руководитель направляет на работу, определяет цели, контролирует работу студента, оценивает результаты проделанной работы и дает рекомендации. Студент полностью отвечает за работу.

Таблица 10 – Перечень работ и распределение исполнителей

| № работы | Наименование работы | Исполнители работы |
|----------|---|------------------------------|
| 1 | Выбор научного руководителя бакалаврской работы | Банщиков А.О. |
| 2 | Составление и утверждение темы бакалаврской работы | Банщиков А.О., Цапко И.В. |
| 3 | Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы | Цапко И.В. |
| 4 | Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы | Банщиков А.О., Цапко И.В. |
| 5 | Анализ предметной области | Банщиков А.О., Цапко И.В. |
| 6 | Анкетирование сотрудников | Банщиков А.О., Цапко И.В. |
| 7 | Проектирование информационной системы | Банщиков А.О., Цапко И.В. |
| 8 | Разработка информационной системы | Банщиков А.О., Цапко И.В. |
| 9 | Согласование выполненной работы с научным руководителем | Банщиков А.О., Цапко И.В. |

Продолжение таблицы 10

| | | |
|----|---|---------------|
| 10 | Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность) | Банщиков А.О. |
| 11 | Подведение итогов, оформление работы | Банщиков А.О. |

5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Как правило, трудовые затраты образуют основную часть стоимости внедрения, поэтому важным этапом планирования научно-исследовательской деятельности является определение трудоемкости работ.

Определение трудоёмкости выполнения работ осуществляется на основе экспертной оценки ожидаемой трудоёмкости выполнения каждой работы путём расчёта длительности работ в рабочих и календарных днях каждого этапа работ.

Трудоемкость оценивается по следующей формуле 4:

$$t_{\text{ож } i} = \frac{3t_{\text{min } i} + 2 t_{\text{max } i}}{5}, (4)$$

где $t_{\text{ож } i}$ – это ожидаемая трудоемкость i -ой работы (чел.-дни),

$t_{\text{min } i}$ – это минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка) (чел.-дни),

$t_{\text{max } i}$ – это максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка) (чел.-дни).

После оценки ожидаемой трудоемкости работ, производится определение продолжительности каждой работы в рабочих днях по формуле 5:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож } i}}{Ч_i}, (5)$$

где T_{pi} – это продолжительность одной работы (раб. дни),

$t_{\text{ож } i}$ – это ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы (чел.-дни),

$Ч_i$ – это численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на этом этапе (чел.).

Для того, что в дальнейшем построить график работ с помощью диаграммы Ганта, необходимо было также произвести перевод длительности работ в календарные дни по формуле 6:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, (6)$$

где T_{ki} – это продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – это продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – это коэффициент календарности, равный 1,22.

Коэффициент календарности $k_{\text{кал}}$ рассчитывается по формуле 7:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, (7)$$

где $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности;

$T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{кал}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

С учётом того, что календарных дней в 2019 году 365, а сумма выходных и праздничных дней составляет 66 дней, коэффициент календарности равен $k_{\text{кал}} = 1,22$.

5.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

В таблице 11 приведены временные показатели научного исследования.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

| Название работы | Трудоёмкость работ | | | | | | Испол нители (С – студен т, Р - руково дитель) | | Длитель ность работ в рабочи х днях T_{pi} | | Длите льность работ в календ арных днях T_{ki} | |
|--|---------------------------|--------|---------------------------|--------|------------------------------|--------|--|--------|---|--------|---|--------|
| | $t_{min},$ чел- дни | | $t_{max},$ чел- дни | | $t_{ож\bar{c}i},$ чел-дни | | | | | | | |
| | Исп. 1 | Исп. 2 | Исп. 1 | Исп. 2 | Исп. 1 | Исп. 2 | Исп. 1 | Исп. 2 | Исп. 1 | Исп. 2 | Исп. 1 | Исп. 2 |
| Выбор научного руководителя бакалаврской работы | 2 | - | 3 | - | 2,4 | - | С | - | 2 | - | 2 | - |
| Составление и утверждение темы бакалаврской работы | 1 | 1 | 2 | 2 | 1,4 | 1 | С | Р | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы | - | 1 | - | 2 | - | 1,4 | - | Р | - | 1 | - | 1 |
| Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы | 6 | 1 | 11 | 2 | 9 | 1,4 | С | Р | 8 | 1 | 10 | 1 |
| Анализ предметной области | 12 | 1 | 17 | 2 | 15 | 1,4 | С | Р | 15 | 1 | 18 | 1 |
| Анкетирование сотрудников | 5 | 1 | 7 | 2 | 6 | 1.4 | С | Р | 6 | 1 | 7 | 1 |
| Проектирование системы | 5 | 1 | 7 | 2 | 7 | 1,4 | С | Р | 6 | 1 | 7 | 1 |

Продолжение таблицы 11

| | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---|----|----|------|-----|---|---|----|---|----|---|
| Разработка системы | 20 | - | 30 | - | 26 | - | С | - | 24 | - | 29 | - |
| Согласование выполненной работы с научным руководителем | 2 | 1 | 4 | 2 | 3 | 1,5 | С | Р | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность) | 7 | - | 10 | - | 8 | - | С | - | 8 | - | 10 | - |
| Подведение итогов, оформление работы | 5 | - | 7 | - | 5,8 | - | С | - | 6 | - | 7 | - |
| Итого | 65 | 7 | 98 | 14 | 83,6 | 9,5 | | | 78 | 8 | 93 | 8 |

Для наглядного распределения работ участников проекта и наглядного отображения затраченного времени была использована диаграмма Ганта, представляющая собой ленточный график, где работы представлены протяженными во времени отрезками, характеризующиеся датами начала и окончания выполнения этапов работ (рисунок 14).

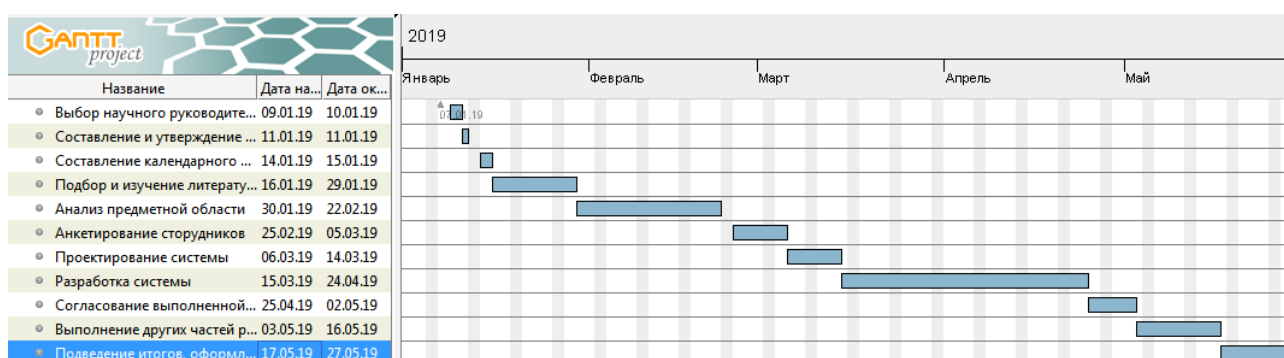


Рисунок 14 – Календарный план-график проведения работ

Таким образом, реализация проекта заняла около 5 месяцев. Дата начала работы: 09.01.2019. Дата окончания: 27.05.2019.

5.2.4. Бюджет научно-технического исследования

5.2.4.1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Данная статья затрат включает в себя затраты на приобретение сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих со стороны.

Затраты на канцелярские принадлежности составляют 2500 руб.

Таким образом, общая сумма материальных затрат составляет 2500 руб.

5.2.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) целей

Данная статья затрат включает в себя затраты на приобретение специального оборудования. Также в эту статью включаются затраты по доставке и монтажу оборудования, равные 15% от его стоимости.

В ходе работы над проектом использовалось оборудование, имеющееся у студента, соответственно необходим расчет его амортизации.

Расчет амортизации ПК: первоначальная стоимость ПК 40000 рублей; срок полезного использования для машин офисных код 330.28.23.23 составляет 3 года. Планируемое время использования ПК для написания ВКР - 5 месяцев.

Амортизация основных средств рассчитывается по формуле 8:

$$A = ОС_{перв} \times A_m, (8)$$

где $ОС_{перв}$ – первоначальная стоимость основных средств;

A_m – норма амортизации.

Тогда расчет амортизации ПК:

– норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} * 100\% = \frac{1}{3} \times 100\% = 33,33\%$$

– годовые амортизационные отчисления:

$$A_r = 40000 \times 0,33 = 13200 \text{ рублей}$$

– ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = \frac{13200}{12} = 1100 \text{ рублей}$$

– итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1100 \times 5 = 5500 \text{ рублей}$$

Таким образом, сумма затрат на специальное оборудование составила 5500 руб.

5.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает основную заработную плату, премии и доплаты всех исполнителей проекта. В качестве исполнителей проекта выступают студент и научный руководитель.

Заработная плата рассчитывается по формуле 9:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, (9)$$

где $З_{зп}$ – заработная плата исполнителя;

$З_{осн}$ – основная заработная плата исполнителя;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата исполнителя (12%-15% от размера основной заработной платы).

Основную заработную плату можно получить по формуле 10.

$$З_{осн} = З_{дн} \times Тр \times (1 + К_{пр} + К_{д}) \times К_{р} \quad , (10)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.

$К_{пр}$ – премиальный коэффициент (0,3);

$К_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

$К_{р}$ – районный коэффициент (для Томска 1,3);

$Тр$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни.

Среднедневную заработную плату можно получить по формуле 11:

$$З_{дн} = \frac{З_{м*М}}{F_{д}}, (11)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад исполнителя, рубли;

$М$ – количество месяцев работы равно:

При отпуске в 24 рабочих дня $М = 11,2$ месяца, 5 – дневная неделя;

При отпуске в 48 рабочих дней $M = 10,4$ месяца, 6 дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени персонала по разработке.

Должностные оклады исполнителей проекта согласно приказу ТПУ представлены в таблице 12.

Баланс рабочего времени для 6-дневной рабочей недели представлен в таблице 13.

Таблица 12 – Месячные должностные оклады исполнителей

| Исполнитель | Районный коэффициент (для Томска) | Размер месячного должностного оклада, рубли | Размер оклада с учетом коэффициента (Z_m), рубли |
|--------------|-----------------------------------|---|--|
| Руководитель | 1,3 | 33664 | 43763,2 |
| Студент | 1,3 | 21760 | 28288 |

За оклад студента был взят оклад, равный окладу ассистента без степени.

Таблица 13 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

| Показатели рабочего времени | Дни |
|--|-----|
| Календарные дни | 365 |
| Нерабочие дни (праздники/выходные) | 66 |
| Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни) | 56 |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 243 |

На основе полученных окладов была рассчитана среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}}(\text{студент}) = \frac{21760 * 10,4}{243} = 931,29 \text{ рубля}$$

$$Z_{\text{дн}}(\text{научный руководитель}) = \frac{33664 * 10,4}{243} = 1440,76 \text{ рублей}$$

Расчет затрат на основную заработную плату приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

| Исполнители | З _{дн} , руб. | К _{пр} | К _д | К _р | Т _р | З _{осн} |
|--------------|------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| Студент | 931,29 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 78 | 141649,54 |
| Руководитель | 1440,76 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 8 | 22475,92 |
| Итого: | | | | | | 164125,46 |

Итоговая сумма затрат на основную заработную плату научного руководителя и студента составила 164125,46 руб.

5.2.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда и выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчёт дополнительной заработной платы осуществляется по формуле 12.

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}}, (12),$$

где З_{доп} – дополнительная заработная плата, рубли;

к_{доп} – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15

З_{осн} – основная заработная плата, рубли.

Результаты расчёта дополнительной заработной платы представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты на дополнительную заработную плату

| Исполнители | Основная заработная плата, руб. | К _{доп} | Дополнительная заработная плата, руб. |
|---------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Руководитель | 22475,92 | 0,12 | 2697,11 |
| Студент | 141649,54 | 0,12 | 16997,94 |
| Итого: | | | 19695,05 |

Итоговая сумма затрат на дополнительную заработную плату научного руководителя и студента составила 19695,05 руб.

5.2.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

К отчислениям во внебюджетные фонды относятся отчисления:

- отчисления органам государственного социального страхования (ФСС);
- отчисления в пенсионный фонд (ПФ);
- отчисления медицинского страхования (ФФОМС).

Сумма отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается на основе затрат на оплату труда исполнителей и может быть вычислена по формуле 13:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}), (13)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и др.);

Размер коэффициента определяется законодательно и в настоящее время согласно Федеральному закону от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен в размере 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в виде таблицы 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель | Основная заработная плата, руб. | Дополнительная заработная плата, руб. | $K_{внеб}$ | Сумма отчислений во внебюджетные фонды, руб |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------|---|
| Студент | 141649,54 | 16997,94 | 0,3 | 47594,246 |
| Руководитель | 22475,92 | 2697,11 | 0,3 | 7551,907 |
| Итого: | | | | 55146,153 |

Итоговая сумма отчислений во внебюджетные фонды составила 55146,153 руб.

5.2.4.6. Накладные расходы

Накладные расходы – расходы на организацию, управление и обслуживание процесса производства товара, оказания услуги; носят комплексный характер. Накладные расходы вычисляются по формуле 14.

$$З_{нкл} = \text{сумма статей}(1 - 5) * k_{нр}, (14)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент накладных расходов (16% от суммы затрат, подсчитанных выше).

Расчет накладных расходов приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет затрат на накладные расходы

| Статьи затрат | Сумма, руб. |
|---|------------------|
| Материальные затраты НТИ | 2500 |
| Затраты на специальное оборудование | 5500 |
| Затраты на основную заработную плату | 164125,456 |
| Затраты на дополнительную заработную плату исполнителям проекта | 19695,055 |
| Затраты на отчисления во внебюджетные фонды | 55146,153 |
| Коэффициент накладных расходов | 0,16 |
| Накладные расходы | 39514,666 |

Итоговая сумма накладных расходов составила 39514,666 руб.

5.2.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

После того, как была рассмотрена каждая из статей расходов, можно приступить к формированию бюджета затрат проекта. Результаты вычисления итогового бюджета представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

| Наименование | Сумма, руб. | Удельный вес, % |
|---|-------------|-----------------|
| Материальные затраты | 2500 | 0,87 |
| Затраты на специальное оборудование | 5500 | 1,92 |
| Затраты на основную заработную плату | 164125,46 | 57,29 |
| Затраты на дополнительную заработную плату | 19695,06 | 6,87 |
| Затраты на отчисления во внебюджетные фонды | 55146,15 | 19,25 |
| Накладные расходы | 39514,67 | 13,79 |
| Общий бюджет | 286481,33 | 100 |

При анализе составленного бюджета НТИ выявлено, что стоимость составляет 286481,33 рубля.

5.3. Определение потенциального эффекта исследования

В ходе анализа выявлено, что предлагаемый продукт имеет высокую потребность. Система гарантирует решение следующих задач:

- Надежное хранение информации о студентах;
- Распознавание студентов в видеопотоке;
- Фиксация времени появления студента в аудитории;
- Обеспечение автоматизированного формирования отчетов об обнаружении студентов;
- Получение информации о текущем занятии.

Проект уникален и имеет высокий показатель конкурентоспособности по результатам проведенного анализа конкурентных технических решений. Длительность исследования составила 5 месяцев, что достаточно для проектирования такого крупного проекта. Потенциальная стоимость исследования составила 286481,33, что включает в себя: материальные затраты, затраты на специальное оборудование, затраты на основную заработную плату, затраты на дополнительную заработную плату, затраты на отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В научно-исследовательской и проектной деятельности необходимо учитывать безопасность труда и окружающей среды. Под понятием «социальная ответственность» понимается ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- введено во всей организации» [8].

Все выше перечисленное регламентируются в соответствии с международным стандартом ICCSR26000:2011 «Социальная ответственность организации» [9], целью которого является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи на производстве и негативные воздействия на окружающую среду.

Таким образом, организация, контролирующая проектную деятельность, несет ответственность за решения, которые могут повлиять на общество, рабочую обстановку и окружающую среду.

В качестве рабочего места, рассматривается рабочее место программиста, оснащенное различной техникой, такой как монитор, системный блок, клавиатура, мышь, и т.д.

Система учета посещаемости студентов состоит из программной реализации настольного приложения. Принцип работы системы основан на распознавании лиц в видеопотоке. Система позволяет отмечать студентов на занятии с помощью видеокамеры, расположенной на входе в аудиторию.

Предполагается использование в коммерческих целях.

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно ТК РФ, N 197-ФЗ ст. 219 работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда; [10]
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов; [10]
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом; [10]
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя; [10]
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя; [10]
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания; [10]
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра; [10]

- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности; [10]
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда. [10]
- повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом с учетом финансово-экономического положения работодателя. [10]

Далее описаны требования, которые нужно учитывать при планировке рабочего места согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы".

Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при соответствующем обосновании и наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения, выданного в установленном порядке [11].

Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток [11].

Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др [11].

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) должна составлять не менее 4,5 м²[11].

Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка – 0,7 - 0,8; для стен – 0,5 - 0,6; для пола – 0,3 - 0,5 [11].

Полимерные материалы используются для внутренней отделки интерьера помещений с ПЭВМ при наличии санитарно-эпидемиологического заключения [11].

Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [11].

6.2. Производственная безопасность

При разработке системы отрицательным фактором является большой объем работы с ПК, поэтому важным критерием безопасности является организация рабочего места и режима трудовой деятельности. В таблице 19 указаны возможные опасные и вредные факторы при разработке и эксплуатации системы.

Таблица 19 – Возможные опасные и вредные факторы

| Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) | Этапы работ | | Нормативные документы |
|---|----------------|------------------|--|
| | Разрабо тка | Эксплуа тация | |
| 1.Отклонение параметров микроклимата в помещении | + | + | СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [12] |
| 2.Повышенный уровень шума | + | | ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Общие требования безопасности» [13] и СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» [14] |
| 3.Повышенный уровень электромагнитного излучения | + | + | СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [11] |
| 4.Недостаточная освещенность рабочей зоны | + | + | СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95[15] |
| 5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи | + | + | ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы» [16] |

6.2.1. Отклонение параметров микроклимата в помещении

Рабочее состояние компьютеров может привести к увеличению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В СанПиН 2.2.4.548-96 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия.

Работа программиста относится к легкой категории 1Б (СанПиН 2.2.4.548 – 96) [12]. В таблицах 20 и 21 представлены данные показатели для теплого периода года (плюс 10 °С и выше) и для холодного периода года.

Таблица 20 – Оптимальные величины показателей микроклимата (СанПиН 2.2.4.548 – 96) [12]

| Период года | Температура воздуха, °С | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный | 21-23 | 20-24 | 40-60 | 0,1 |
| Теплый | 22-24 | 21-25 | | 0,1 |

Таблица 21 – Допустимые величины показателей микроклимата (СанПиН 2.2.4.548 – 96) [12]

| Период года | Температура воздуха, °С | | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с | |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|---|---|
| | Диапазон ниже оптимальных величин | Диапазон выше оптимальных величин | | | Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более | Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более |
| Холодный | 19-20,9 | 23,1-24 | 18-25 | 15-75 | 0,1 | 0,2 |
| Теплый | 20-21,9 | 24,1-28 | 19-29 | | 0,1 | 0,3 |

Если температура воздуха отличается от нормальной, то время пребывания в таком помещении должно быть ограничено в зависимости от категории тяжести работ.

В таблицах 22 и 23 указано рекомендуемое время работы при различных видах температур.

Таблица 22 – Рекомендуемое время работы при температуре воздуха ниже допустимых величин (СанПиН 2.2.4.548 – 96) [12].

| Температура воздуха, °С | Время пребывания, не более, ч |
|-------------------------|-------------------------------|
| 17 | 6 |
| 18 | 7 |

Таблица 23 – Рекомендуемое время работы при температуре воздуха выше допустимых величин (СанПиН 2.2.4.548 – 96) [12]

| Температура воздуха, °С | Время пребывания, не более, ч |
|-------------------------|-------------------------------|
| 30,0 | 5 |
| 29,5 | 5,5 |
| 29,0 | 6 |

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений.

6.2.2. Повышенный уровень шума

Шум может стать причиной головной боли, раздражительностью, утомляемостью, снижением аппетита, боли в ушах и т. д. Перечисленные факты снижают производительность, работоспособность человека, а также качество труда [17].

Производственный шум регулируется в соответствие с нормами в ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Общие требования безопасности» [13]. Допустимые уровни звука и звукового давления для рабочего места разработчика-программиста согласно вышеуказанному ГОСТу 12.1.003-83 представлены в таблице 24

Таблица 24 – Предельно допустимые уровни звука

| Вид трудовой деятельности/ Частоты | Уровни звука и звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | |
|--|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Научная деятельность, проектирование, программирование, Рабочие места проектно-конструкторских бюро, программистов вычислительных машин и т.д. | 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 |

Методы для уменьшения воздействий шума представлены в СНиП 23-03-2003 [14]:

- экранирование рабочих мест, то есть установка перегородок между рабочими местами;
- установка оборудования, производящего минимальный шум.
- применение звукопоглощающих материалов.

Для обеспечения снижения уровня шума персональных компьютеров, необходимо регулярно проводить чистку от пыли, замену смазывающих веществ и прочее техническое обслуживание.

6.2.3. Повышенный уровень электромагнитного излучения

Электромагнитное излучение - распространяющееся в пространстве возмущение электрических и магнитных полей [12]. Источниками электромагнитного излучения в данном исследовании являются монитор и системный блок.

Оценка величины уровней ЭМП, проведенная по паспортным данным компьютера и монитора, показала их соответствие нормам и СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03[11].

В таблице 25 приведены допустимые уровни электромагнитного поля, создаваемых ПК

Таблица 25 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПК.

| Наименование параметров | | ВДУ ЭМП |
|---|------------------------------------|---------|
| Напряженность электрического поля | в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц | 25 В/м |
| | в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц | 2,5 В/м |
| Плотность магнитного потока | в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц | 250 нТл |
| | в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц | 25 нТл |
| Электростатический потенциал экрана видеомонитора | | 500 В |

6.2.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Рабочее (общее) освещение – это освещение, которое обеспечивает благоприятные условия для нахождения человека в помещении. Сотруднику должны быть представлены комфортные условия работы, при которых он не напрягает зрение и не испытывает дискомфорт при выполнении своих обязанностей [15].

Неудовлетворение основным показателям, которые будут рассмотрены далее, может привести к напряжению зрения, ослаблению внимания, раздражению, головной боли и утомлению. Основным документом, регламентирующим нормы освещенности, является СНиП 23-05-95 [15].

Основным показателем качества освещения является освещенность E - поверхностная плотность светового потока. По характеристике зрительной работы труд программиста относится к разряду III подразряду Г (высокой точности), т.е. наименьший размер объекта различения от 0,3 до 0,5 мм (точка) [18]. Это значит, что нормативное значение освещенности рабочего места должно быть 200 лк (СНиП 23-05-95) [15].

6.2.5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи

Поражение током является опасным фактором согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [16]. Персональный компьютер питается от сети 220В переменного тока с частотой 50 Гц.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током относятся:

- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели компьютера должны быть запрещены;
- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

6.3. Экологическая безопасность

В ходе проектной деятельности возможно вредное воздействие на литосферу, которое объясняется из-за утилизации электронной техники: системных блоков, мониторов и т.п.

При рассмотрении влияния процесса утилизации персонального компьютера были выявлены особо вредные выбросы согласно ГОСТ Р 51768-2001 [19]. В случае выхода из строя компьютеров, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих. В настоящее время в Томской области утилизацией оргтехники занимаются компании: городской полигон и ООО «ЭкоСибирь».

Процесс эксплуатации объекта не подразумевает никаких вредных аспектов, которые влияют на окружающую среду.

6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одними из наиболее вероятных и самым разрушительным видом чрезвычайных ситуаций являются пожар.

Всякий работник при обнаружении пожара должен (N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [20]):

- незамедлительно сообщить об этом в пожарную охрану;
- принять меры по эвакуации людей, каких-либо материальных ценностей согласно плану эвакуации;
- отключить электроэнергию, приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения.

При возникновении пожара во всем корпусе должна сработать система пожаротушения, передав на пункт пожарной станции сигнал о чрезвычайной ситуации. В случае если система не сработала, то необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101(112), сообщить точный адрес места возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были исследованы существующие методы распознавания человека. В силу удобства использования, для идентификации личности было принято решение использовать биометрические признаки, т.к. в таком случае человеку не нужно дополнительно использовать различные физические носители. При дальнейшем анализе был выбран способ идентификации по лицу, как наиболее подходящий для решения проблемы одновременного распознавания большого числа студентов.

Для реализации выбран стек технологий, а именно: ОС Ubuntu, язык программирования Python, среда разработки PyCharm, библиотеки OpenCV и dlib, СУБД PostgreSQL.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были рассмотрены существующие системы идентификации личности, изучены такие алгоритмы как метод Виолы-Джонса, HOG. Разработан интерфейс десктопного приложения, база данных, парсер сайта расписания Томского Политехнического университета, многопоточное приложение, позволяющее одновременно анализировать видеопоток и отображать результат распознавания студентов в пользовательском интерфейсе.

Проведен анализ работы системы, который показал удовлетворительный результат. Были выявлены проблемы, такие как невозможность распознавания лица, частично закрытого непрозрачным элементом одежды, и невозможность обеспечения высокой вероятности распознавания на расстоянии от камеры свыше трех метров. Представлены рекомендации к установке камеры для обеспечения наилучшего распознавания лиц, а также определено, какие факторы следует устранять для обеспечения эффективной работы системы.

Планируется развитие разработанной системы, а также её обогащение новым функционалом для повышения производительности работы преподавателей.

CONCLUSION

During work, the existing methods of recognition of the person were researched. Owing to usability, for identification of the personality the decision to use biometric signs since in that case the person does not need to use different physical objects in addition. In the further analysis, the way of identification on the person's face as the most suitable for a solution of the problem of simultaneous recognition of a large number of students was selected.

For implementation, the stack of technologies is selected, namely: Ubuntu OS, Python programming language, PyCharm development environment, OpenCV and dlib libraries, PostgreSQL DBMS.

As a result of the performance of final qualification work the existing systems of identification of the personality were considered, such algorithms as Viola-Jones's method, HOG are studied. The developed interface of the desktop application, the database, the parser of the website of the schedule of the Tomsk Polytechnic University, the multithreaded application allowing to analyze at the same time a video flow and to display result of recognition of students in the user interface.

The analysis of system operation, which showed satisfactory result, is carried out. Problems, such as impossibility of recognition of the face which is partially closed by an opaque element of clothes and impossibility of ensuring high probability of recognition at distance from the camera over three meters were revealed. Recommendations to installation of the camera for ensuring the best recognition of persons are submitted and it is defined what factors should be eliminated for ensuring effective system operation.

The developed system plans to develop and enrich with new functionality for increase in productivity of work of teachers.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биометрические системы распознавания внешности: [Электронный ресурс] // Виртуальный компьютерный музей. URL: http://www.computer-museum.ru/technlg/bio_systems.htm
2. PostgreSQL: Documentation: 8.4: Procedural Languages [Электронный ресурс] // The PostgreSQL Global Development Group. URL: <https://www.postgresql.org/docs/8.4/static/xplang.html>
3. Обзор инструментов для работы с MySQL [Электронный ресурс] // Webmasters.by. URL: <https://www.webmasters.by/articles/review-po/96/>
4. Обучение каскада Хаара на примере поиска символов автомобильного номера OpenCV [Электронный ресурс] // Константин Куликов. URL: <https://kostyakulakov.ru/opencv-обучение-каскада-хаара/>
5. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц [Электронный ресурс] // habr. URL: <https://habr.com/ru/post/133826/>
6. Обучение машины — забавная штука: современное распознавание лиц с глубинным обучением [Электронный ресурс] // habr. URL: <https://habr.com/ru/post/306568/>
7. Распознавание человека на фотографии с помощью dlib [Электронный ресурс] // Андрей Созыкин. URL: https://www.asozykin.ru/deep_learning/2017/08/11/Foto-Verification-with-Dlib.html
8. ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Руководство по социальной ответственности
9. Международный стандарт ICCSR26000:2011 «Социальная ответственность организации»
10. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ. Статья 219. Право работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда (ред. от 05.02.2018) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/09dd7ce09d17960c4356ad42264f09db302f3fe0/ (Дата обращения 16.05.2019)

11. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003. – 54 с.;

12. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 20 с.

13. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Общие требования безопасности. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 13 с.

14. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – М.: Госстрой России, 2004. – 34 с.

15. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Центр проектной продукции в строительстве, 2011. – 70 с.

16. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 4 с.

17. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов; Под общ. ред. Е.Я. Юдина – М.: Машиностроение, 1985. – 400с.

18. НПБ 105-03. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. – М., 2003.

19. ГОСТ Р 51768-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Методика определения ртути в ртутьсодержащих отходах. Общие требования. – М: Издательство стандартов, 2001. - 13 с.

20. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон №123-ФЗ. - М.: Сибирское университетское издательство, 2014. - 144 с.